Ciencia y realidad. ¿Un relación problemática?

(por *José Juan González*[1])

Introducción

Parece más que evidente que la ciencia tiene que ver, de una forma u otra, con la realidad. Esto pudiera hacernos creer que, al menos desde esta perspectiva y en filosofía de la ciencia, estamos abocados a algún tipo de realismo. Además, la entrada del realismo en el panorama de la reflexión sobre la ciencia no es como la de ningún personaje secundario, sino como la del que ocupa el papel de protagonista.

Uno de los filósofos anglosajones más de moda a finales del siglo XX, *Hilary Putnam*, caracterizó la perspectiva realista con dos notas de extremada sencillez. Según él, podría ocurrir, en primer lugar, que en muchas ocasiones no seamos capaces de saber si los enunciados científicos son verdaderos o falsos, pero el realista tiene siempre la certeza de que o son verdaderos o son falsos. Pero además, en segundo lugar, para el realista la realidad es independiente de la mente humana, es decir, no es una parte de ella.

Por otra parte, otro peso pesado en la reflexión sobre la ciencia, *Mario Bunge*, ha caracterizado el llamado *realismo crítico* (que es el nombre del realismo que no quiere ser tildado de *realismo ingenuo*), mediante cinco notas más complejas que las anteriormente citadas según Putnam. De esta forma, podemos decir que, según Bunge, el realismo crítico se caracteriza por afirmar lo siguiente:

1. Hay cosas en sí (objetos que no dependen de nuestra mente) y cuantificador existencial y no universal, frente a la creencia en artefactos que dependerían de la mente (por donde marca su radical desacuerdo con los objetos del mundo 3 del último Popper, que no

[1]El texto que sigue a continuación no es más que una síntesis personal de mis lecturas y reflexiones sobre diferentes temas de filosofía de la ciencia. Es necesario, por tanto, reconocer mi deuda con los autores y libros a los que he seguido en estas páginas. En primer lugar, quiero mencionar a Alfonso Pérez de Laborda, y especialmente sus dos libros siguientes: *La ciencia contemporánea y sus implicaciones filosóficas*, Cincel, Madrid, 1985; y *¿Salvar lo real? Materiales para una filosofía de la ciencia*, Encuentro, Madrid, 1983. En segundo lugar, debo mencionar el magnífico libro de Roger Penrose, *La nueva mente del emperador*, Mondadori España, Madrid, 1991.

son cosas del mundo de lo tangible ni del mundo de la *psique*, pero que tienen verdadera realidad como los otros).
2. Esas cosas en sí son cognoscibles, aunque no por entero sino por aproximaciones sucesivas y no de forma exhaustiva.
3. La teoría y el experimento conjuntamente nos permiten llegar al conocimiento de la cosa en sí pero sin que ni uno ni otro puedan pronunciar veredictos finales sobre nada.
4. Ese conocimiento es hipotético, por tanto corregible y no final, y se apoya en la hipótesis filosófica de que existen cosas y que se puede llegar a conocerlas
5. Por último, el conocimiento de una cosa en sí no es un conocimiento directo, sino indirecto; no es pictórico, sino simbólico.

Es posible ver en estos planteamientos un inmersión en eso que, desde hace muchos años, se viene llamando metafísica. No es necesario recordar aquí que, a principios y mediados de este siglo - y arrancando del anterior - la filosofía de la ciencia mantuvo con vehemencia que las proposiciones metafísicas carecían de sentido, o cuando menos, que con toda seguridad no eran proposiciones científicas - las únicas importante como conocimiento - y resulta que hemos acabado deslizándonos - aunque sea desde una primera aproximación - hacia un horizonte que es, sin más, pura metafísica. La ciencia - y la filosofía de la ciencia - debe reconocer esto sin rubor ninguna al aproximarse a problemas como el que vamos a intentar tratar. Bastaría con tomar algunas de las notas del realismo crítico, como la apostilla al mundo 3 de Popper, o todavía mejor la hipótesis filosófica de que existen cosas (ya Leibniz).

Lo que pretendemos mostrar con esto es que cualquier aproximación al problema de la realidad que hagamos desde la ciencia - y desde la filosofía que hacemos por fuerza a partir de ella - nos lleva directo a afirmaciones metafísicas sobre la misma - como son, sin duda, las tesis sobre el determinismo o indeterminismo en esa realidad, o la necesidad de presuponer un objeto de nuestro conocimiento, sea como cosa en sí, fenómeno, *noúmeno*, o energía... - y que esto no nos debería preocupar, como por otra parte muestra el creciente interés hacia cuestiones eminentemente metafísicas. En lo que sigue intentaremos pues ir desgranando las consecuencias de varios puntos decisivos de la imagen del mundo que nos hacemos cuando nos enfrentamos con la realidad de ese mundo que es el nuestro. Comencemos ya.

Probabilidad e inductivismo

Si tomáramos una moneda en las manos y nos dispusiéramos a lanzarla hacia arriba, podríamos preguntarnos justo antes de hacerlo - o después sin haber mirado aún el resultado: ¿Qué probabilidad hay de que salga cara? Creo que es obvio que diríamos sin dudarlo que dicha probabilidad es del 50 por 100 o, lo que es lo mismo, que es de 1/2. Esto no es excesivamente problemático; los problemas empiezan cuando nos preguntamos: ¿cómo hemos sabido la respuesta?

Miraremos pues la moneda, y seguramente diremos: hay dos caras, una a la que llamamos en España "cara" - porque tradicionalmente estaba pintada ahí la cara de los Reyes -, y otra a la que decimos "cruz". Parece que cualquiera de las dos puede salir por igual una vez que lance la moneda, luego es lógico dar a ambas idénticas posibilidades de salir una vez que lanzamos la moneda al aire. De ahí inferiremos que debe concederse idéntica probabilidad a las dos posibles soluciones que la moneda tiene para quedar quieta tras la caída, pues, evidentemente, no contemplamos la probabilidad de que se quede de canto.

Este tipo de razonamiento se ancla en la consideración de las idénticas posibilidades que parecen tener la *caída cara* y la *caída cruz*. Hemos llegado a esta consideración, se recordará, antes de cualquier acción de tirar la moneda mediante lo que podríamos llamar, por tanto, un razonamiento *a priori*. Hemos pensado, además, que la moneda ha sido confeccionada siguiendo las leyes de la simetría por lo que no encontramos nada objetivamente que nos obligue a pensar que la moneda, al caer, prefiera *cara* y no *cruz*. Podemos afirmar así la *equiposibilidad* de ambas caras en ser solución al enigma que supone la tirada.

Pero tiremos ya la moneda. Sale, por ejemplo, *cara*. En este mismo instante sé algo: la solución es *cara*, 100 por 100 para la *cara*, 0 por 100 para la *cruz*. ¿Qué sentido tiene, entonces, el razonamiento anterior una vez que hemos sabido *a posteriori* – y sin ninguna duda - el resultado de la tirada?

En este punto es sencillo argumentar que cada uno es un *saber* distinto. En el primero se trataba de la evaluación de algo que no se había realizado todavía, y era más bien un saber basado en consideraciones sobre la *equiprobabilidad*, la cual nos había ayudado a realizar una evaluación de lo que iba a suceder de forma que el resultado de dicha consideración fue decir que la probabilidad de cara es de un medio ($p=1/2$). Es obvio que ese saber no es un acertar lo que iba a acontecer en el momento de efectuar la tirada, pues se había hecho la predicción del 50 por 100 para la *cara*, y hemos obtenido el 100 por 100 para ella, por lo que, de haber tenido que considerarla como una predicción, hubiera sido una predicción extraordinariamente fallida.

Pero continuemos con nuestro ejemplo para ver a dónde nos lleva. Si quisiéramos engañar a algún amigo trucaríamos una moneda haciéndolo tan bien que le fuera imposible a éste sospechar nada al observarla. Le volveríamos a hacer la misma pregunta que nos hicimos nosotros anteriormente, a lo que él responderá lo que ya sabemos, y luego le dejaríamos que tirara nuestra *pseudo—moneda* una y otra vez. Cuando la hubiera tirado, por ejemplo, cien veces, y habiendo obtenido siempre lo que nosotros habíamos elegido, le podríamos decir que su predicción era falsa, pues en realidad la cara de la moneda elegida por nosotros ha salido siempre, y no la mitad de las veces como él decía prever. Sin embargo, lo más seguro es que si nuestro amigo hubiera llegado a tirar la moneda cien veces, éste nos habría estado engañado - a la décima se habría dado cuenta de que estaba trucada. ¿Cómo lo supo?

Lo supo basándose precisamente en sus consideraciones de *equiposibilidad* - razonamiento *a priori* - que le empujaron a sospechar que, si tirase muchas veces la moneda no tiene ninguna razón para pensar que saldrá más veces *cara* que *cruz*; y que cuantas más veces la tire, el número de *caras* y el de *cruces* se irá haciendo sensiblemente igual. Es cierto, pensará, que la casualidad, puede jugarle una mala racha y que salga muchas veces seguidas una determinada cara, pero no tantas como para que, de cien veces que tire la moneda, las cien salga la misma cara. La conclusión es obvia: la moneda está trucada.

Ante las dificultades con las que nos encontramos en la respuesta a tan simples preguntas, algunos creen que la primera definición de probabilidad con la que hemos jugado aquí es errónea pues a lo más que

llega a medir es nuestro desconocimiento. Esto es, como nada sabemos en verdad de lo que ha de acontecer a la moneda en su caída, ese absoluto desconocimiento lo compensamos con una contemplación pura y simple de nuestros propios pensamientos sobre la cuestión por lo que la probabilidad es, en realidad, la medida de nuestro desconocimiento. Para algunos esto introduce el más radical subjetivismo en algo como la probabilidad que está, hoy por hoy, en la misma entraña de la ciencia. La ciencia, según éstos, es un hablar objetivo sobre la realidad objetiva pues, de otra forma, caería por su base misma la construcción del edificio entero de la ciencia. Por eso han creído necesario plantear una manera objetiva de hablar de la probabilidad en la que no haya nada de opciones *a priori* y medidas de nuestros propios grados de creencia. La probabilidad es algo que se obtiene *a posteriori*, al final de largos procesos realizados de verdad en los que se cuenta lo que en ellos ha acontecido.

Así pues, una vez que tengamos un conjunto de tiradas con una moneda haremos un recuento de la frecuencia con la que apareció la *cara* y la frecuencia con la que apareció la *cruz*. Esa frecuencia será el número de casos en que apareció *cara* dividido por el número de casos totales, por lo que $f_{cara} + f_{cruz} = 1$. Ahora sí, podemos hablar ya científicamente de las frecuencias, que no son otra cosa que mediciones efectuadas en colectivos de datos reales. Éste es el modo normal de actuar de la ciencia.

Pero, ¿qué le aconteció a la probabilidad? La probabilidad es considerada entonces únicamente como un límite. Cuando nuestro colectivo de resultados sea infinito entonces será cuando - en el límite - la frecuencia devendrá probabilidad, y nunca antes. Tenemos de esta forma definida la probabilidad. Esto pudiera parecer problemático, pero los defensores de esta aproximación 'científica' a la probabilidad en seguida argumentan que la ciencia ha manejado siempre el infinito sin ninguna dificultad; por poner un ejemplo, la teoría cinética de los gases - tan ligada además a la probabilidad - habla de un número infinito de moléculas de gas en un recipiente, y nadie se ha asustado jamás.

Esta es la que ha venido considerándose como la solución *objetivista*. Sin embargo, no parece del todo correcta. Es verdad que la probabilidad *subjetiva* tiene sus problemas, pero ellos no son otra cosa que problemas epistemológicos, problemas que surgen cuando nos preguntamos por el *cómo lo sabes* y *qué quiere decir ahí saber*; sin embargo, esta probabilidad

construyó un edificio que se han mantenido a pesar de esas preguntas (es la probabilidad clásica). Es más, si tomamos un manual de probabilidad podrá verse que no se dedican en él más de tres líneas a nuestros problemas epistemológicos. Y es precisamente para resolver éstos por lo que algunos filósofos acudieron a la probabilidad objetiva con la pretensión de resolver los mismos acudiendo a un colectivo infinito. Se afirma saber qué es la probabilidad y se hace introduciendo algo que es por siempre inexistente: una infinitud de tiradas de moneda, pues sólo cuando hayamos tirado *esta* moneda infinitas veces podremos saber que $p = 1/2$.

A este respecto, ya los clásicos de la probabilidad conocían algunas de las implicaciones de las tesis objetivistas. Conocían lo que ellos llamaron la *ley de los grandes números*, según la cual se demuestra que la probabilidad definida *a priori* coincide en el límite con la frecuencia efectiva de aparición. Para afirmar esto se apoyaban en la certeza absoluta de que la diferencia $f - p$ ha de ser necesariamente menor que una cantidad previamente dada, por pequeña que sea, sin más que aumentar el número de tiradas hasta un número suficientemente grande (en p). Según los objetivistas, esta manera de entender la ley lo que hace es confirmar la tesis que ellos mismos proponen en la intuición de la objetividad pues lo que verdaderamente afirma es que la frecuencia tiene un límite, y ese límite es, precisamente, la definición de la probabilidad.

Lo cierto es que, como reconocen los partidarios actuales de la probabilidad objetiva, esto último no parece ser así pues la ley de los grandes números lo único que nos enseña es que las sucesivas frecuencias (que engloban a las frecuencias anteriores pues no hay que olvidar que el proceso de medir frecuencias es acumulativo pues ésta es una división realizada contando con las mediciones efectuadas en los casos anteriores, de forma que siempre entra desde la primera tirada hasta las última) estarán dentro de un pequeño intervalo respecto a la última frecuencia a la que habíamos llegado, y conforme aumente el número de tiradas, ese intervalo en el entorno a la frecuencia que es la última será cada vez más pequeño. En el límite será infinitamente pequeño: cuando hayamos tirado infinitas veces - y no antes - esa última frecuencia coincidirá exactamente con lo que definimos como probabilidad.

Sin embargo, la verdad es que cabe preguntarse si con esta última afirmación los objetivistas no habrán acabado dañando irremisiblemente su

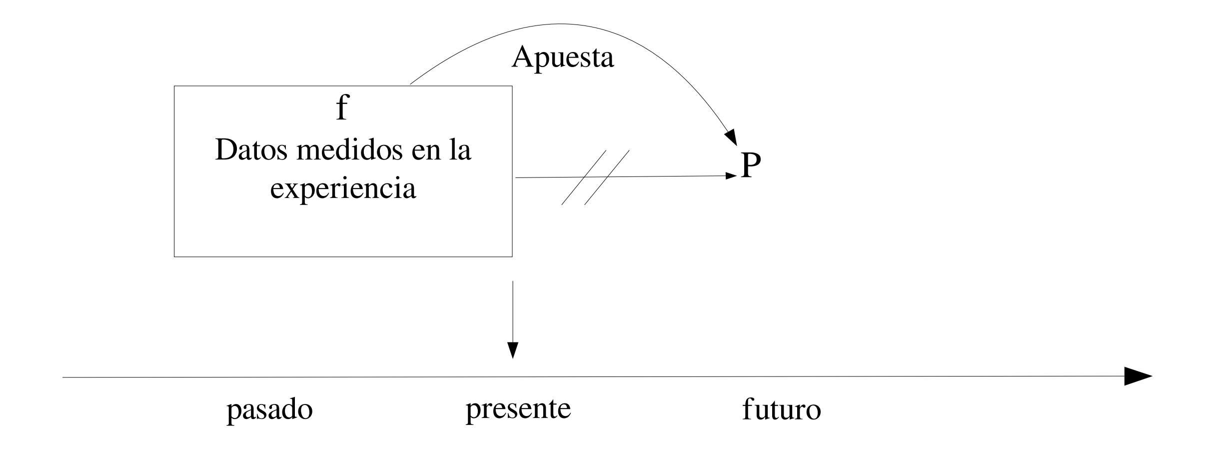
postura. Y es que, por muchas vueltas que se quiera dar - y a pesar de las intenciones científicas de los objetivistas - lo que se sigue de lo anterior nos remite a la imposibilidad de definir la probabilidad, cuando resulta que precisamente éstos no paran de hablar de ella.

La respuesta en clave objetivista a este planteamiento - que no es otro que el de *Von Mises* - ha sido diversa. Por un lado *Hans Reichenbach* creyó poder conjurar las críticas a los colectivos infinitos no cediendo en la búsqueda de una definición objetiva de la probabilidad sino dejando de lado el *axioma de la infinitud*, es decir, haciendo las medidas pertinentes en un colectivo que no es infinito y que jamás lo será. Hablaremos de frecuencias dentro de ese colectivo finito, y llamaremos por definición probabilidad a la última de las frecuencias medidas. Por eso en cada momento podremos hablar de probabilidad. Por supuesto que lo haremos sólo cuando el colectivo de nuestras mediciones sea lo suficientemente grande, por lo que sabremos que las sucesivas frecuencias estarán en un entorno de la última frecuencia y ese entorno es cada vez más pequeño. La búsqueda de la probabilidad es un camino en zigzag que va, por tanto, adentrándose en una pequeña región de frecuencias. La probabilidad acaba siendo así una apuesta, pues terminamos apostando que la probabilidad es el último de los valores de frecuencia. Esto es todo lo que nos permite el espíritu científico. Nosotros lo que sabemos es lo que nos han dado los datos que hemos medido en nuestro colectivo tal como es en un cierto instante. Cuando esas mediciones tienen ya un espesor suficiente apostamos a lo único que podemos apostar con racionalidad pues la práctica nos lo enseña: lo único que sabemos de verdad y debe ser fuente de nuestro conocimiento es lo que la práctica nos ha dicho, es decir, lo que el colectivo de nuestros acontecimientos realizados nos ofrece como frecuencia. Cualquier otra solución se sale de lo único que razonablemente podemos decir sin apriorismos, se sale de la *empiricidad* que debe presidir siempre a la ciencia.

Compréndase, además, que nos hemos topado, para dar una correcta solución, con la *inducción*. La ciencia sólo puede ser inductiva, si es que quiere ser ciencia, y con nuestra definición de probabilidad hemos dado con el meollo mismo del método inductivo de la ciencia. Nuestros conocimientos científicos son siempre provisionales, pero son los que se decantan de toda la enorme experiencia anterior, realizada y medida. Cuando se enuncia una ley científica, como es la ley de la probabilidad, no se hace lo que uno quiere, sino que se toman en consideración los datos que

la experiencia científica nos ofrece, bien realizada y bien contrastada, y sobre ellos - y sólo sobre ellos - tenemos la opción de enunciar la ley. Sobre la frecuencia realmente medida, y sólo sobre ella, podemos definir la probabilidad. Esto es proceder por inducción, y la inducción es el método de la ciencia desde siempre.

La verdad es que, a pesar de todo, sería maravilloso poder establecer esa unión entre *f* y *p* sin necesidad de recurrir a la apuesta de Reichenbach; poder decir que nuestra definición no es una definición de la probabilidad provisional, la única racionalmente íntegra, la mejor de todas las posibles, la que está de acuerdo con los datos de la experiencia, sino poder afirmar o establecer la *verdad* de la probabilidad (y de nuevo estamos ante un problema epistemológico). Ya hemos visto que esto equivaldría a dar por resueltos los gravísimos problemas que se nos han planteado antes.



La inducción maravillosa sería la que sale directamente del colectivo en el que hemos medido *f*, que establecería un hilo de hierro entre la experiencia de lo ya medido con la predicción de lo que va a acontecer. Si así fuera, cuando nuestro banco de datos fuera suficientemente amplio, contrastado y seguro, la predicción no sería tal, sería adivinación inexorable pues habríamos entrado en posesión de una férrea ley que nos indica lo que ha de acontecer. Pero, además de las dificultades con las que nos hemos encontrado en nuestro paradigma probabilitario para decir "*f* luego *p*" que acabamos de ver, hay algo más que ya viera Hume hace muchos años.

El inductivismo *naif* establecía un método científico: los datos experimentales medidos en el pasado capacitaban al científico para que, en el presente, predijera de manera cierta y segura el futuro, siendo el nexo que

unía pasado, presente y futuro, la ley científica bien establecida. Este método permite, pues, conocer exactamente la verdad del mundo - en lo que aquí nos importa - mediante predicciones acertantes que implican al futuro. La ciencia va así de verdad en verdad, de éxito en éxito, haciendo predicciones cada vez más finas, fruto de un conocimiento cada vez más seguro y dilatado.

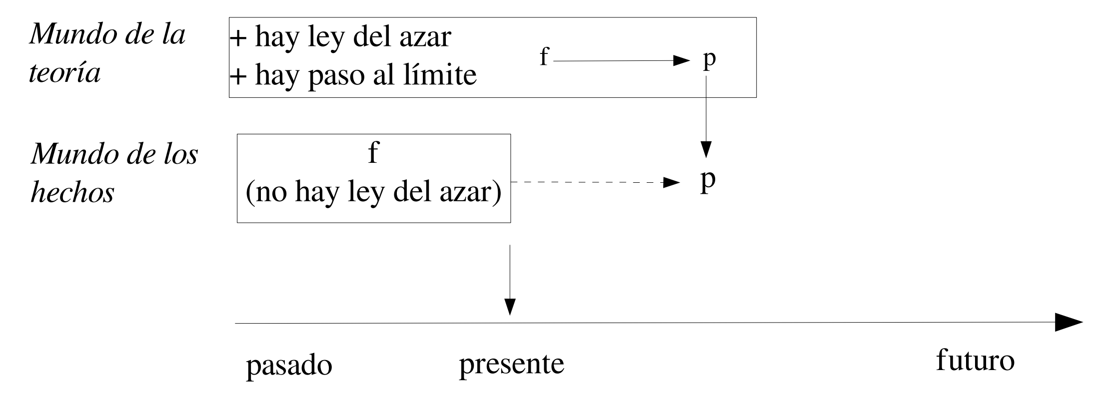
Hume encontró en este modelo graves dificultades epistemológicas, al preguntarse cómo se establecía el nexo entre algo que es del pasado y algo de lo que nada sabemos todavía pues pertenecía al futuro. Sólo cuando ese futuro sea pasado *sabremos* sobre él. ¿Cuál es la racionalidad de dicho nexo? Desde siempre se sabía que 'todas las ocas son blancas', por eso se podía decir que todas las ocas que en el futuro se vieran por los caminos serían blancas. Y, sin embargo, un negro día se descubrieron ocas negras. ¿Qué decir? ¿Que esas ocas no son ocas puesto que no son blancas? ¿Que el método empleado por los científicos hasta el presente, al decir al menos de Newton y otros grandes científicos, es falso? Podríamos, ciertamente, resolverlo todo lingüísticamente sin más que llamar con otro nombre a las ocas negras. Pero eso nada resuelve, es esconder la cabeza bajo el ala.

Desde Hume este problema es un problema epistemológico que se pregunta por la manera en la que las inferencias sacadas de los conocimientos del pasado son válidas para predecir acontecimientos futuros. El kantismo bebe directamente de estas fuentes.

Reichenbach creó salvar el problema humeano tan sólo con no establecer una unión rígida entre el pasado y el futuro a través del presente. Por eso la flecha que tiene esa osadía está tachada en la figura. Pero tampoco se quiso quedar en el umbral de la predicción científica, que siempre es predicción de futuro y rechaza quedarse en un mero recuento de lo ya sido, además de que, si no, no habría desarrollo de la ciencia. Este es, por tanto, el sentido profundo de su apuesta, capaz de hacer predicciones, las más ajustadas y las únicas racionales. Apostamos no por una proposición verdadera - como decían los inductivistas primeros - sino que hacemos una hipótesis concerniente a la permanencia aproximada de la frecuencia, de forma que dicha apuesta es la más favorable de todas, argumento convincente, por tanto, para adoptarla. Es de sobra conocido el texto de Reichenbach en que éste nos habla de un ciego que perdió su camino en las montañas y busca el mismo con su bastón. Es cierto que no sabe si por ahí

se despeñará o no, pero se aferra a su bastón, a su tanteo y al camino que éste le ha indicado. De igual forma, para Reichenbach, nos enfrentamos como ciegos al futuro, pero seguimos una vereda.

Sin embargo, no todos los objetivistas respecto a la probabilidad están de acuerdo con la solución de Reichenbach al problema *Humeano*. *Karl Popper* nos ofrece un paradigma distinto, con amplias divergencias epistemológicas. La imagen ahora va a ser la siguiente, muy distinta a la anterior.



En el llamado *mundo de los hechos*, nos encontramos en una jungla. No hay ninguna ley del azar pues si la hubiera significaría que podemos hacer predicciones acertantes, y el azar dice precisamente lo contrario. Hay siempre, por supuesto, la posibilidad de estudiar ese mundo en busca de las frecuencias pero de ellas no podemos salir en busca de la probabilidad, pues no hay vínculo. La apuesta de Reichenbach es una solución posible, quizá, pero en todo caso pone el acento en una manera de actuar de la ciencia - que sería de una inductivismo apostante - que en nada se corresponde con la verdadera realidad de la ciencia.

El camino a seguir es el de buscar una ley del azar, para lo cual hay que cambiar de terreno; y dejar el *mundo de los hechos*, olvidarlo por un momento y elevarse a un mundo distinto - esto es lo que siempre hace la ciencia -, el *mundo de la teoría*, en donde sí podemos construir matemáticamente una imagen que tome todos los datos empíricos que tengamos y vislumbre con astucia e inteligencia un colectivo mucho más amplio que el empírico de manera tal que una sección de este colectivo coincida completamente con él. Lo haremos de manera que ese nuevo colectivo teórico, regido sólo por las leyes de la matemática, tenga una ley; es en definitiva una construcción en la que medimos nuestras frecuencias y en la que, por la existencia de una ley, ninguna dificultad hay para tender al

límite, encontrarlo y decir $f = p$. Por supuesto que son una f y una p del *mundo de la teoría*. Por supuesto que el azar se nos ha convertido en un azar domesticado, pero tal que, como segmento del gran colectivo matemático, encontramos coincidente con el colectivo del *mundo de los hechos* - de hecho lo construimos así -, que hemos, en definitiva, asumido, ampliado convenientemente y englobado en algo manejable por entero. Sólo nos falta decir que la p encontrada sin dificultad en nuestro mundo de la teoría es asumida como predicción para la p del mundo de los hechos.

La ciencia funciona mediante hipótesis - que no tienen su base ni su razón de ser en lo empírico - que retoman los datos de los que disponemos pero lo hacen en otro nivel distinto, radicalmente distinto, separado en nuestra imagen con una raya extraña, en donde se puede hacer todo lo que en el primer nivel nos estaba vedado y en el que podemos dar las leyes que creamos convenientes con tal de que entre sus resultados sectoriales estén los correspondientes datos empíricos, pero sobrepasándolos por entero.

La probabilidad se define objetivamente como una frecuencia, pero se hace en un colectivo que nada tiene que ver con el del *mundo de los hechos* - excepto que toma cuidadosamente de él sus datos -, partiendo del *mundo de la teoría* en el que tenemos las manos libres para toda suerte de manipulaciones. En él encontramos con facilidad p y es ahora cuando proponemos esa p como resultado, como predicción, como futuro *adivinado* de lo que ninguna salida distinta tiene. ¿Qué puede acontecer? Que con el paso del tiempo la predicción sea válida o que yerre. Sólo este segundo caso nos interesa pues sólo él nos dice algo de la verdad sobre nuestra teoría: que es falsa y que rápidamente debemos abandonarla y recomenzar por otro lado el problema. Esta es, por tanto, la esencia misma del *popperianismo*.

Hemos comenzado tirando una moneda al aire, y de ahí hemos derivado al ámbito de la epistemología. Vimos que la probabilidad nos llevó directamente a la histórica polémica del inductivismo contra el deductivismo en la ciencia; con lo que hemos dado un breve pero interesante repaso a las implicaciones filosóficas de la ciencia actual sobre todo en torno a un problema central a la misma como es el del papel de la probabilidad y su relación directa con el método propiamente científico. Pero, es claro, no vamos a acabar aquí; ésta es sólo la punta del iceberg. Estas consideraciones, a su vez, nos han llevado a analizar cuál es el método científico de construir la realidad; obviamente, desde la perspectiva de

Popper, esa realidad que hemos construido es sólo la que pertenece al mundo de las teorías, un mundo mucho más manejable, y por ende construible que la propia realidad.

Sin embargo, como acabamos de decir, no hemos acabado todavía. Porque Popper no supuso el fin del inductivismo, como hubiera podido parecer. Además nos hemos quedado a las puertas de la pregunta por la verdad y de la pregunta - quizás la misma, quizás distinta - por la adecuación de nuestro pensamiento con aquello de lo que habla. Es más, como puede observarse en el dibujo propuesto, Popper ha tenido a bien terminar sacando una línea de puntos extremadamente sutil que también une el mundo de los hechos con la predicción de *p*: es la interpretación de la probabilidad como *propensión* existente realmente en las cosas (i.e. las monedas tienen propensión a caer la mitad de las veces de un lado y la mitad del otro).

Pero, como dijimos antes, Popper no supuso la última palabra sobre la probabilidad, con lo que las tesis sobre nuestra construcción de la realidad, sea como sea que ésta se da, pueden verse transformadas. Es posible volver al teorema de *Bayes*[2]. Son muchos hoy los que piensan que haciéndolo así es posible llevar una argumentación muy parecida a la que dio Reichenbach en favor de su apuesta aceptando así el valor de la predicción inductiva.

Se trata de una filosofía práctica que busca la mejor previsión, que se hace, por supuesto, desde la información que se tiene en el momento en que se haya de hacer la previsión. La cuestión es si la realización o no de dicha previsión nos puede decir, evidentemente *a posteriori*, algo sobre sus causas. El clásico teorema de Bayes permite hablar así de la probabilidad de las causas. En este teorema se logra determinar la probabilidad de obtener un cierto suceso al volver a repetir un determinado experimento conociendo los resultados de experimentos anteriores; se ofrece, por tanto, la determinación de la probabilidad de que, dentro de una multiplicidad de causas, una de éstas sea precisamente la causa del resultado obtenido.

Se trata, es importante insistir, de previsiones - pero no de predicciones -, que cambiarían con las nuevas experiencias pues la experiencia no es más que una nueva previsión. No se trata de error pues

[2] Teorema de la teoría de la probabilidad que se interpreta diciendo que por el estudio estadístico de los efectos podemos llegar a saber sobre las causas de esos efectos.

sólo hay error cuando no se hace intervenir en la previsión parte de la información que está disponible. La nueva información entra en juego en coherencia con la que ya teníamos antes de las nuevas experiencias ampliando y expurgando el horizonte en el que se hacen nuestras previsiones racionales.

Pero la probabilidad nos lleva de la mano también, forzosamente, a otro problema que no deja de tener su interés. Es claro que con Popper y según una primera aproximación podríamos situar el azar propiamente dicho en el mundo de los hechos y hablar en él de un indeterminismo profundo en ese nivel y de un determinismo absoluto en el otro - de forma que el problema radicaría en compaginar ambos; obviamente a esto respondería la ya citada propensión de las cosas del mundo de los hechos. Sin embargo, de igual forma que hicimos antes, creemos que es preciso echar un vistazo a lo que la ciencia nos dice al respecto para analizar las implicaciones filosóficas de susodichos planteamientos.

Mecánica cuántica y realidad

Aristóteles, en la *Física*, *194 b*, se plantea el problema de las causas desde la pregunta del porqué del cambio y del movimiento. Para él, conocer es saber responder a los porqués por lo que sólo decimos que conocemos cuando los hemos aprehendido bien. Es sabido que encuentra cuatro causas: material, formal, eficiente y final. La eficiente, precisamente, es el principio del cambio; el principio que nos hace patente en la explicación el cambio pues lo produce ya que todo movimiento es producido por algo. Por otra parte, para Aristóteles, como es notorio, la causa final es de las cuatro la más importante pues el fin - la teleología - es quien hace como de inspiración para la cosa que cambia atraiéndola hacia donde ella debe dirigirse y terminar por ser efectivamente y en acto.

Sin embargo, asistimos con Galileo - al menos - a una cambio en esta concepción multiforme de la causalidad. Para éste, es la causa eficiente la única que puede optar al rango de causa científica de tal forma que éste define la causa como aquella cosa que al ponerla se sigue de ella un efecto, y quitada, se evita el mismo. Es preciso observar que esta manera de concebir la causa da como criterio para saber si algo es o no causa necesaria,

su eliminación. Por ello tiene esta definición a la vez un significado ontológico - en tanto habla de relaciones entre cosas -, y metodológico - en tanto nos dice como podemos conocerlas.

Ahora bien, la mecánica clásica de partículas concibe las leyes matemáticas que expresan las leyes de la mecánica de manera tal que al tomar en consideración una cierta partícula en un cierto instante, si conocíamos a la perfección sus condiciones de velocidad, posición, masa, etc., en que ésta se encontraba - las llamadas condiciones iniciales -, no había dificultad alguna en saber con exactitud lo que a dicha partícula le iba a acontecer en los sucesivos instantes - con qué velocidad se va a mover, en qué dirección lo hará... -, sin límite alguno por más que nos vayamos alejando en la dirección del tiempo. Más aún, como en las leyes de la mecánica no existe ninguna dificultad en escribir $-t$ en lugar de $+t$, conocemos con idéntica exactitud lo que a dicha partícula le ha acontecido en los instantes anteriores al que denominamos instante inicial y en el que habíamos medidos las condiciones iniciales. Ni el pasado ni el futuro tienen ya secretos. Por supuesto que, en esta concepción clásica, se sabe qué es lo que *todavía* se desconoce, ya en el conocimiento de las leyes, ya en las condiciones iniciales; pero la rigurosidad de lo que se dice es total. A este respecto, bástenos con recordar como texto paradigmático uno de *Laplace*, en el que éste nos viene a decir que todos los fenómenos microfísicos siguen las mismas leyes que obedecen los fenómenos pertenecientes a la macrofísica. De esta forma, una inteligencia que en cada instante dado conociera todas las fuerzas que animan la materia, así como la posición y velocidad de cada una de sus partículas y fuera además tan potente como para someter todos esos datos a un análisis, conocería simultáneamente los movimientos de la micro y macro—física. Sin embargo, continua Laplace, la ignorancia en la que estamos de la inmensidad de datos necesarios para resolver este problema y nuestra imposibilidad radical de someter a cálculo la mayor parte de lo que ya conocemos, nos lleva a atribuir a los fenómenos que observamos un comportamiento sin orden a causas y según variables ocultas, cuya acción ha sido designada por la palabra azar, palabra que no es en el fondo más que la expresión de nuestra propia ignorancia.

Este texto que acabamos de resumir es sumamente instructivo pues nos pone delante un ideal para la ciencia que sólo la mecánica cuántica hará estallar, en donde causalidad y determinismo van juntos por el mismo

camino y se encuentran en él con la probabilidad. Pues bien, veamos por donde nos lleva el camino.

La corriente física que dominó el final del siglo XIX era la de los *energetistas*; que ponían en el centro de toda sus consideraciones a la energía que constituía así la substancia de toda la realidad. Toda la física era, según ésta, un juego de modificaciones y transformaciones de la energía, que pasa de ser energía mecánica a ser energía térmica, de térmica a eléctrica, etc. (*la energía ni se crea ni se destruye - sólo se transforma*); regido todo por el principio de conservación de la energía. El más acérrimo defensor de esta corriente hasta bien entrado el nuevo siglo fue *Wilhelm Ostwald*. Sin embargo, lo cierto es que ya los últimos años del siglo XIX y los primeros del XX daban ocasión de nuevo al atomismo, que pareció tener su primer gran éxito con el descubrimiento del electrón en 1897 por *J.J. Thomson*, el descubrimiento de la radiactividad por *Marie Curie* y la propuesta de *Ernest Rutherford* del átomo como un núcleo central que lleva casi toda la masa del átomo y que contiene toda la carga positiva, y electrones extraordinariamente pequeños que giran alrededor con toda la carga negativa, coincidiendo este número de electrones con el número atómico de la clasificación periódica de *Mendeleiev*.

Sin embargo, en esta coyuntura, existen diversas maneras de acercarse a la pugna entre el determinismo y el indeterminismo. Una, insinuadora de malos presagios, gusta de recordar que el año 1927 es el de los de tres *Hei* (pronunciado *hai*); el filosófico de *Heidegger* que publica la primera parte de su libro *Ser y Tiempo*; el físico de *Heisenberg* que produce sus famosas relaciones de incertidumbre que *N. Bohr* se apresura a extender en su no menos famoso *principio de complementariedad*[3]; a la vez que se recuerda que en el plano sociopolítico resonaban los clamores de un tercer *Hei*.

Más difícil es, por el contrario, estar de acuerdo con la tesis expresada en 1971 por *Forman* sobre la relación entre el abandono de la causalidad de la teoría cuántica y la cultura predominante en la República de Weimar entre 1928 y 1927. Cierto es que la historia de la ciencia tiene un aspecto externalista en el que se debe estudiar la influencia de sus teorías más herméticas en el ambiente sociopolítico en el que se gestan y se interpretan; que no todo es historia interna en que las meras ideas gestan en su propia

[3] Para N. Bohr, ninguna descripción del mundo puede agotarlo, sólo la complementariedad (dialéctica) de descripciones que se contraponen ofrece la complejidad misma del mundo.

pura lógica puras ideas sin mancha alguna proveniente de afuera reduciéndose la ciencia y su estudio al simple desarrollo de sí misma y de lo que ella considere que debe caber en sí misma. La verdad es que en este punto se juega un grave problema sobre el lugar de la epistemología en el conjunto de la filosofía teórica y de la filosofía práctica; problema importante cuando hay corrientes de pensamiento tan potentes como para descontextualizar a las ideas y a los ideales. Sin embargo, desde esta problemática, creemos que es ir excesivamente lejos llegar a afirmar - como hace Forman - que tras la derrota de Alemania en la I Guerra Mundial el concepto y la palabra causalidad simbolizó todo lo que era odioso de la empresa científica.

Válganos esta disgresión para señalar a la vez dos cosas: por un lado, la absoluta necesidad de encuadrar la historia de la ciencia y del pensamiento en su contextura social y política sobre todo en problemas de tanta incidencia en la filosofía como el de la teoría cuántica, si es que no se quiere hacer una historia y una filosofía angelical - ocultadora, evidentemente, de demonios con sus fauces abiertas -, y, por otro lado, la absoluta necesidad de estudiar teorías como la de la mecánica cuántica en su seca realidad haciéndose problema del encadenamiento de sus razones y de las dificultades que plantea y que va resolviendo como puede. Pero empecemos ya con nuestro recorrido histórico del problema - la reflexión, como venimos haciendo hasta ahora, surgirá siempre a raíz del mismo recorrido.

Comenzaremos recordando, en este sentido, la actitud de *Einstein* sobre la mecánica cuántica. Varios son los historiadores que la han calificado de escéptica. Sin embargo, su escepticismo no consistió meramente en una actitud negativa. Einstein, que fue siempre crítico con la mecánica cuántica, tenía su propio sistema alternativo para hacer una teoría sintética en la que las partículas, los campos y los fenómenos cuánticos tuvieran cada uno su lugar. Veamos, a continuación, qué queremos decir exactamente con esto.

La teoría de la relatividad, tanto la especial como la general, no causaron ningún problema a Einstein; sí lo hizo, en cambio, la teoría cuántica que él fue el primero en proseguir tras el espectacular y extraño descubrimiento de *Max Planck* del cuanto de energía[4], cuando enunció en

[4] La energía no es una cantidad continua, sino discreta, es decir discontinua; hay una cantidad mínima de energía, como un átomo de energía, que no es divisible; se trata del cuanto de acción o energía.

1905 su *teoría del fotón*, según la cual la luz no es una onda, sino un conjunto de partículas sin masa que encierra porciones discretas de energía múltiplo del cuanto de Planck.

Max Born, en el discurso de recepción del premio Nobel de física del año 1954, nos indica los puntos salientes de la interpretación estadística de la mecánica cuántica, que él ideó y que sigue siendo aceptada por todos hasta hoy sin causar técnicamente el más mínimo problema. El comportamiento mecánico de los átomos de Bohr era tan complejo, tan distinto del comportamiento de las partículas dentro de la mecánica clásica, que hasta 1925 era necesario estudiar mediante complicados principios de correspondencia para pasar de la mecánica del átomo a la mecánica clásica. Pero *Heisenberg* ideó un procedimiento nuevo que súbitamente hizo terminar con estos problemas. Este principio deja fuera todos los conceptos e ideas que no corresponden a hechos físicamente observables. No hay, por tanto, que hablar de órbitas de los electrones, radios y períodos, sino que habrán de utilizarse esquemas matemáticos conocidos como matrices en las que sólo constan observables (lo cual para Heisenberg remitía inexorablemente a lo que se podría observar por un observador), matrices que tienen singulares reglas de multiplicación. Born llega así a la extraña fórmula:

$$pq - qp = h/2pi$$

en la que h es la constante de Planck, q significa las coordenadas y p los impulsos.

Dejando de lado el significado preciso de la fórmula citada, esto es claramente un formalismo físico que funcionó en seguida con éxito a pesar de que no estaba nada claro qué significaba. En el entretanto *Schrödinger*, utilizando las ideas ondulatorias de *Louis de Broglie*, alumbró al mundo la *función de ondas* cuyo funcionamiento era también perfecto. Con ello logró que la mecánica ondulatoria trabajara con una función de ondas y que, al menos en el caso de una partícula, fuera fácil representársela en el espacio. Además utilizaba la herramienta matemática de las ecuaciones diferenciales parciales que todo físico conoce. Lo que nos interesa de esta historia es la tendencia a la simplificación matemática que se aprecia en ella, siendo esto lo que queremos subrayar. Tras todas las dificultades que se venían arrastrando desde 1900 parecía que se volvía a una física determinista como

la física clásica, pues son esas ecuaciones diferenciales parciales las que indujeron a la opinión de *Laplace* anteriormente citada.

¿Existirían, por tanto, dos sistemas explicativos cerrados completamente diferentes, la mecánica de matrices y la mecánica ondulatoria? Así lo parecía los primeros meses del año 1926. Sin embargo, no podía ser que las partículas atómicas fueran ondas pues ya entonces existían medios para contar el número de partículas, y por tanto, verdaderas partículas - que no ondas.

Fue precisamente Born quien ideó, siguiendo lo que Einstein había logrado para los fotones, que $|\psi|^2$ debía representar la densidad de probabilidad de los electrones (u otras partículas). Considerar así las cosas logró al punto nuevos éxitos.

Sin embargo, más que todos esos éxitos fue un trabajo de Heisenberg, que contiene sus famosas relaciones de incertidumbre, lo que aceleró la aceptación de la interpretación estadística de ψ. Fue entonces cuando se puso en claro el carácter revolucionario de la nueva teoría. Era evidente que había que abandonar no sólo el determinismo de la física clásica sino también el ingenuo concepto de realidad que concebía las partículas de la física atómica como diminutos granos de arena. Un grano de arena tiene en todo momento una determinada posición y velocidad. Pero no sucede lo mismo en el caso del electrón; si determinamos cada vez con mayor exactitud la posición, la velocidad se hace cada vez más imprecisa y viceversa.

Sin embargo, Einstein negó en seguida las consecuencias que rompían la causalidad clásica y que abogaban por el indeterminismo. Lo hizo afirmando que la mecánica cuántica, aunque verdad, sólo era parte de la verdad, pues era una teoría incompleta. A partir de 1927 inició una discusión ceñida con Bohr intentando demostrar que puede llegarse a medir a la vez la posición y la velocidad de una partícula al mismo tiempo, lo que llevó a su oponente a la prueba definitiva - en la que ahora estamos - de que no puede lograrse dicha medición porque la medida de coordenadas espaciales se hace con reglas rígidas y relojes, mientras que impulsos y energías necesitan para ser medidos aparatos con partes móviles que acusen el impacto del objeto que se mide. Como la mecánica cuántica establece, además, interacción entre el objeto a medir y el aparato que lo mide, ambas

mediciones sólo pueden hacerse con exactitud en experimentos distintos, pero jamás en un único experimento, siendo esos dos experimentos complementarios entre sí, de la misma manera como son complementarias entre sí las dos visiones de onda y de partícula de todos los elementos de la física atómica.

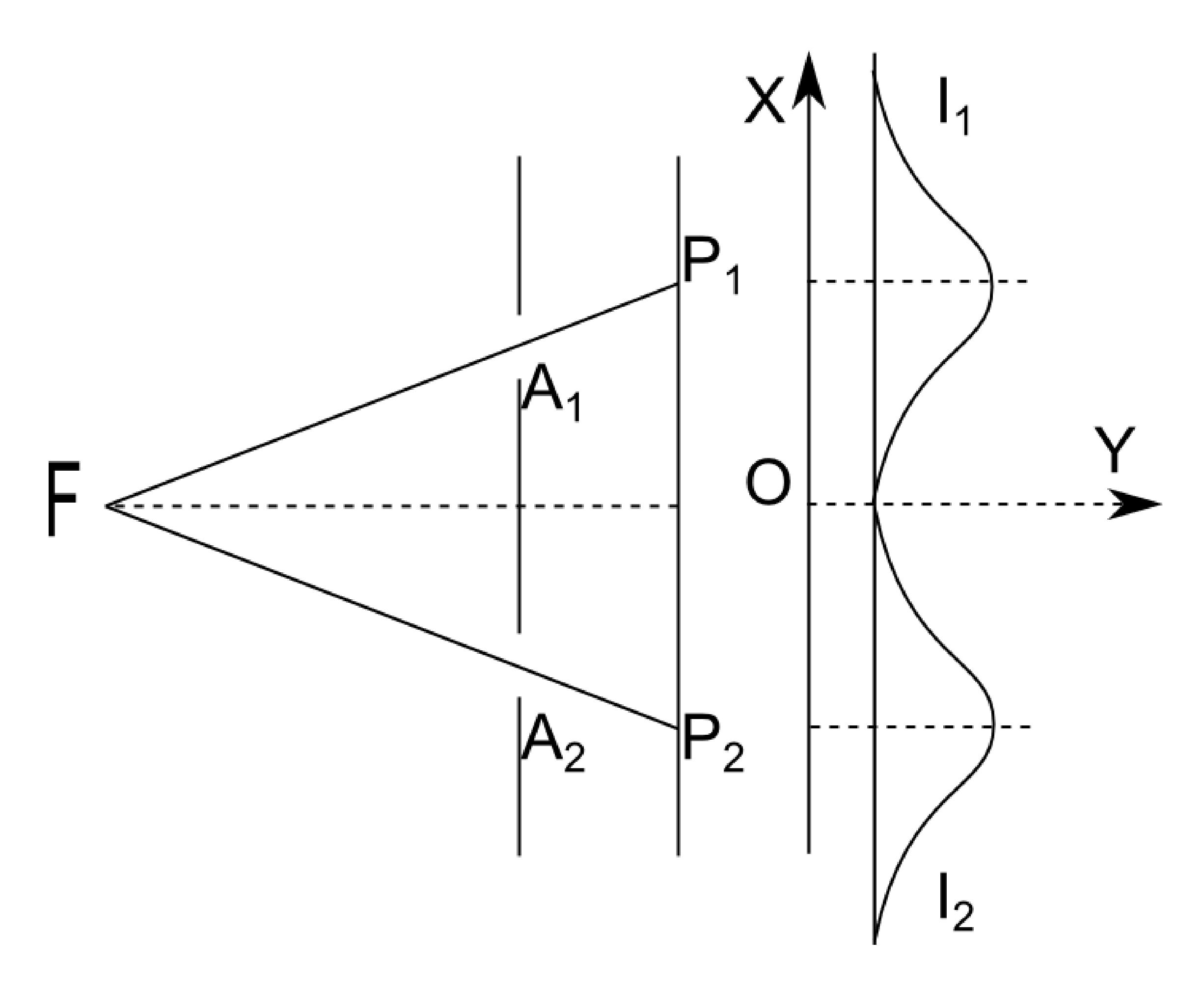
Ya desde 1912, para Einstein era una debilidad de la teoría el que dejara al azar el instante y la dirección de los procesos elementales – por ejemplo, la emisión de fotones -, y esto le causará mayores problemas cuando la mecánica cuántica, unos años después, adoptara esta debilidad como regla general. Pero, Einstein primero, y a veces de Broglie y Schrödinger, siguieron haciéndose preguntas como: ¿qué es lo que decide cuándo ha de ser espontáneamente emitido un fotón, una partícula en un proceso radiactivo o una partícula cualquiera en un cierto instante? ¿qué es lo que decide la dirección que va a seguir? ¿Deberemos dejar de lado para siempre ya el cuándo, el cómo y el porqué acontecen ciertos eventos físicos? Para estos físicos estas preguntas sólo pueden quedar sin respuesta provisionalmente; de manera definitiva no se puede renunciar a ellas porque sería renunciar a lo que la física ha sido siempre: la búsqueda de respuesta a estas preguntas, precisamente. De ahí que para Einstein toda teoría que no logre respuestas satisfactorias necesariamente debe ser todavía una teoría incompleta. Creemos que es justo recordar el famoso aforismo de Einstein que acaba afirmando: *la teoría produce mucho* - refiriéndose a la mecánica cuántica -, *pero difícilmente nos acerca más al secreto del Viejo. En todo caso, estoy convencido de que Él no juega a los dados.*

Pero continuemos profundizando en esta historia.

Ya hemos hablado brevemente de la ceñida discusión que durante años mantuvieron Einstein y Bohr. Las objeciones son de dos estilos y se refieren a dos puntos clave de la mecánica cuántica: el comportamiento onda—partícula; y la posibilidad de medir conjuntamente con la exactitud requerida coordenadas (posiciones) e impulsos (velocidades).

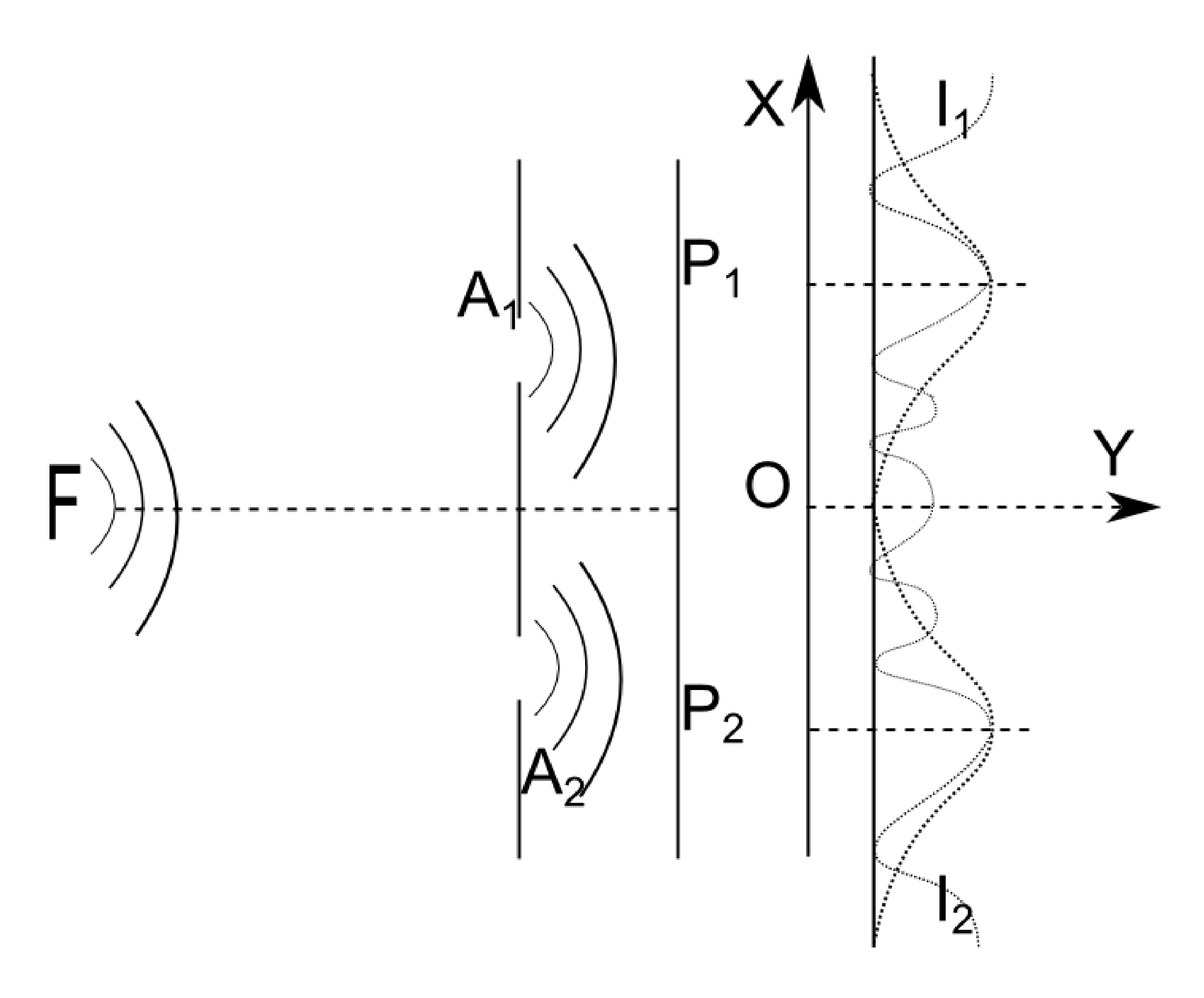
En la física clásica se distinguía claramente entre partículas y ondas. Las partículas eran entidades discretas, localizadas perfectamente en el espacio, con trayectorias definidas en cada instante con posición y velocidad determinadas. Las ondas describen fenómenos no localizados, sino continuos y que ocupan todo el espacio. Las primeras chocan, las segundas

producen interferencias al superponerse. Imaginemos un juego de rendijas apropiadas; en primer lugar hay una fuente que emite un chorro de partículas, luego una pared con dos rendijas, por fin una pantalla en la que se puedan hacer visibles los resultados. Las imágenes nos reflejan los resultados:



Si en F disparamos un chorro de partículas hacia las rendijas A_1 y A_2, si sólo está abierta A_1, mientras A_2 permanece cerrada, el impacto es máximo en P_1 y, conforme nos alejamos de él, los impactos disminuyen; la línea I_1 nos señala la curva de impactos. Si estuviera abierto A_2, mientras A_1 permanece cerrado, la curva de impactos será I_2, simétrica respecto al eje central, y con P_2 como punto de impacto máximo. Esos impactos son lo que indica su nombre, verdaderos impactos como los de bala. Si ahora abrimos A_1 y A_2 a la vez, las dos curvas se suman, y el resultado de los impactos es la que viene dada por la línea $I_1 + I_2$.

Muy distinto es el comportamiento de las ondas. En primer lugar, esta vez no hay impactos, sino mayor intensidad luminosa o franjas de luminosidad y franjas negras, sin luminosidad. Iluminamos desde F con A_1 abierta, mientras A_2 está cerrada. La luminosidad sigue la línea I_1, similar a la del caso anterior. Cerramos A_1 y abrimos A_2, la línea de luminosidad es ahora I_2. En éstas hay una luminosidad máxima en P_1 y P_2 respectivamente, y esta luminosidad decrece continuamente cuanto más nos alejamos de este máximo. Cuando abrimos las dos a la vez, el panorama cambia radicalmente, puesto que se producen interferencias y lo que obtenemos es $I_1 + I_2$ en la que notamos una serie de zonas de luminosidad con dos máximos en P_1 y P_2, luego muy cerca zonas de negrura, nuevas zonas de luminosidad, pero menores que las anteriores, zonas de negrura, etc. Esto es conocido desde las experiencias de Young que decidieron a favor de la teoría vibratoria de la luz.



Bombardeamos ahora con electrones. Los hacemos pasar sólo por A_1, obteniendo una curva de impactos - que podemos contar como I_1. Los hacemos pasar sólo por A_2, y obtenemos una curva de impactos I_2. Los hacemos pasar por los dos a la vez y, cuando podríamos sospechar que obtendríamos resultados correspondientes a nuestra gráfico de partículas, de pronto, con sorpresa, obtenemos la línea $I_1 + I_2$, pero del gráfico de ondas, con la particularidad de que está formada por verdaderas zonas de impactos y otras que no contienen ningún impacto - que podemos contar efectivamente - con sus máximos en P_1 y P_2. Con los dos lugares de paso abierto, sin embargo, el efecto no se suma, como parece que debería esperarse. Lo que pasa a través de A_1 y a través de A_2 no es lo que pasa por A_1 más lo que pasa por A_2. Se diría que los electrones saben, cuando pasan por una de las aberturas, si la otra está cerrada o abierta. ¿Qué pasa aquí? ¿Son corpúsculos con este extraño saber? ¿Son ondas justo hasta cuando llegan a chocar en la pantalla, y sólo entonces se reconvierten en corpúsculos para alcanzar el lugar preciso del impacto? Parece poco razonable pensar así.

El suponer que es una onda asociada a un corpúsculo tampoco resuelve el problema definitivamente pues la interpretación canónica dice que esa onda es una onda de probabilidad y por tanto se refiere a un conjunto estadístico de partículas; pero aquí produce una influencia el concreto movimiento de una única partícula. ¿Qué decir ante esto?

La interpretación de Bohr de estos fenómenos fue la aceptada por todos los físicos. Hay que dejar de lado, según ésta, ideas tan arraigadas en la comunidad de los científicos como las de realidad, separabilidad, localidad, completitud, etc. Hay que dejar de lado imágenes de ondas y de partícula, y aceptar que sólo una representación conjunta de ambas representaciones hace posible una descripción completa del fenómeno. Esto dio ocasión para el *principio de complementariedad* ya citado: como consecuencia de la interacción con el aparato de medida hay una perturbación en alguna de las propiedades. Lo que investigamos, pues, no es, como en la mecánica clásica, la realidad objetiva, sino la naturaleza tal como se nos presenta a través de los aparatos de medida.

La segunda objeción se refiere a la imposibilidad de medir conjuntamente y con la exactitud que queramos la posición y la velocidad. En la discusión, Einstein imaginó una caja en una de cuyas paredes un reloj,

que está en su interior, puede abrir o cerrar un agujero mediante un obturador. Se llena la caja de radiación. Se abre el obturador un instante para que sólo salga un electrón. Se pesa la caja antes y después. De esta manera se conoce la energía de la partícula y el instante de paso, en contra del principio de incertidumbre. La respuesta de Bohr fue irrefutable. Esperamos que este diseño nos sirva para hacernos una idea:

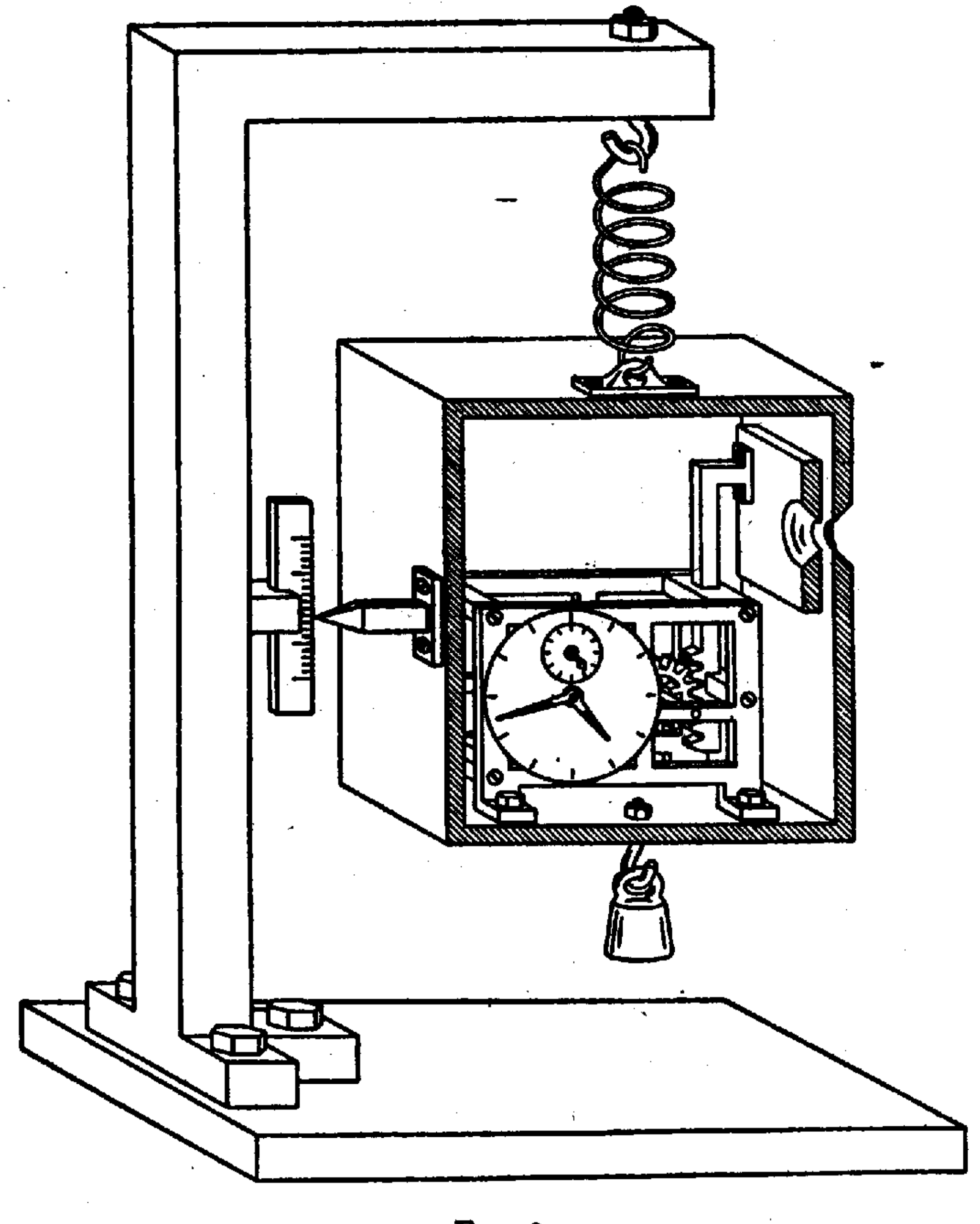


FIG. 8

La pesada inicial se hace con respecto a la escala fija por medio del fiel. La pérdida de la partícula se compensa con la pequeña pesita que se coloca a la caja para que el fiel vuelva a su posición inicial; pero eso se hace sólo con una cierta tolerancia, por lo que hay una pequeña incertidumbre en esa pesada. La carga de esa pesita imparte a la caja un impulso, que sólo es medible mediante la *relación de Heisenberg*. En resumen, ya tenemos, para determinar el impulso (velocidad de la partícula) una restricción de la precisión, que está de acuerdo con las relaciones de incertidumbre. Por ello, la exactitud que quería Einstein no es jamás posible. (El problema del planteamiento de Einstein está en cómo medir el peso después de que salió el electrón. Obviamente hay que hacer una pesada, hay que colocar una pesa. Es esa colocación la que imparte a la caja un impulso que sólo es medible según las relaciones de Heisenberg)

Conclusión: ¿qué hacemos con el observador?

Incertidumbre, observadores, ondas de probabilidad; esas son algunas de las expresiones más insoslayables de los físicos que dedican su tiempo a la mecánica cuántica. Hay complementariedad entre el comportamiento como partícula y el comportamiento como onda, aunque más que tratarse de aproximaciones a lo que es en—sí son aproximaciones matemáticas a los fenómenos de una naturaleza que sólo conocemos perturbada por el observador.

Algunos, entre los que están Popper y Bunge, han creído poder quitar no poco de este aire de misterio que rodea la interpretación aceptada de la mecánica cuántica mediante su interpretación frecuencialista y objetiva de la probabilidad. La relación de Heisenberg no sería otra cosa que la exposición de unas condiciones de obligado cumplimiento entre magnitudes estadísticas - en ningún caso se referirían a lo que acontece en un caso particular con una partícula dada -, la desviación típica de un conjunto estadístico que mide la posición y la desviación típica de otro conjunto estadístico que mide la velocidad. Pero ¿qué pasa con la partícula singular? La verdad es que Popper ha construido un amplio sistema en donde este problema está perfectamente engarzado desde el punto de vista filosófico

aunque, todo hay que decirlo, los físicos no han dado un solo paso más por ello.

El observador intrínsecamente mezclado en la mecánica cuántica, aunque aceptado con normalidad por los físicos, también ha producido quebraderos de cabeza en los filósofos (por ejemplo en *Putnam*), y es un problema de una complejidad sofocante. No es fácil quitarle de en medio y hacerlo de una manera que sea productiva para la física cuando lo criticado tiene una vida sin falla alguna tras noventa años, cuando ha resuelto todos los problemas que se le han planteado, cuando ha sido uno de los mayores avances científicos de la historia de la ciencia. Además, ¿se conformarían los físicos con teorías de filósofos que añaden mayor complicación a lo ya complejo de por sí, aunque esa adición no fuera a producir progresos sustanciosos, pero pudiera producir progresos menores o incluso leves?

Lo que Einstein planteó a partir de 1935 es algo en lo que todavía hoy nos debatimos: ¿asumiremos el realismo? ¿Diremos que existe una realidad fuera de nuestra percepción cuyo funcionamiento es independiente de nosotros y de nuestras observaciones? Ya que no cabe otro remedio que dar por buena la mecánica cuántica tras los experimentos realizados a partir de los setenta y que han dado su veredicto en los ochenta, ¿qué sabemos de la realidad? ¿nuestro conocimiento físico es objetivo? ¿conocemos sólo una parte de la complejísima realidad y sabemos, desde la propia física, que la realidad es una realidad velada? ¿tendremos que dejar de lado cualquier hipótesis que asuma el realismo? Por el contrario, ¿cómo podremos hoy seguir siendo realistas? Y, si no lo somos, ¿nos convertiremos de nuevo en convencionalistas que piensan que el conocimiento no es más que una manera lógicamente bien hecha de ordenar la cantidad de datos que tenemos de la realidad pero que no hace referencia a nada que esté fuera de nosotros, de nuestro mismo pensar? ¿Podremos salir con ánimo de ese rompecabezas que nos enseña algo tan insólito como que lo que encontramos al final de nuestra larga búsqueda por la playa en medio de la niebla es la huella de nuestros propios pasos?

Las teorías científicas normalmente trastocan la imagen del mundo, nos la cambian y la hacen irreconocible para generaciones anteriores. Recuérdese, por ejemplo, los avances fastuosos de la cosmología tras la teoría de la relatividad. Y, sin embargo, la mecánica cuántica nos ha dejado tambaleando en aquello que parecía no depender para nada de ninguna

concepción científica pues era pura filosofía, por así decir. Ahora está en juego lo que sea la realidad y el papel que el que conoce juega en lo conocido. La probabilidad y la mecánica cuántica nos deja perplejos ante el valor de conocimiento de realidad de una ley, de una teoría científica.

Bibliografía

BUNGE, M. (2006). *Chasing reality: strife over realism*. (Toronto: University of Toronto)

PENROSE, R. (1991). *La nueva mente del emperador* (Madrid: Mondadori España)

PÉREZ DE LABORDA, A.

(1983) *¿Salvar lo real? Materiales para una filosofía de la ciencia* (Madrid: Encuentro)

(1985) *La ciencia contemporánea y sus implicaciones filosóficas* (Madrid: Cincel)

POPPER, K. R.

(1962) *La lógica de la investigación científica*. (Madrid: Tecnos)

(1985) *Teoría cuántica y el cisma en Física*. (Madrid: Tecnos)

(1985) *Realismo y el objetivo de la ciencia*. (Madrid: Tecnos)

(1992) *Un mundo de propensiones*. (Madrid: Tecnos)

(1994) *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. (Barcelona: Paidós)

PUTNAM, H. (1991). *The many faces of realism: the Paul Carus lectures* (La Salle, Ill: Open Court)

REICHENBACH, H. (1971). *The Theory of Probability*. (University of California Press)

VON MISES, R. (1946). *Probabilidad, estadística y verdad*. (Buenos Aires: Espasa-Calpe)

